

Закономерность распределения микроэлементов-биофилов и тяжёлых металлов в системе почва – растение в урбанизированной среде

В.В. Трубников, к.т.н., Оренбургский ГАУ;
Ю.М. Злобина, соискатель, **И.В. Федосова**,
соискатель, Оренбургская ГМА

Урбанизация – одна из основных социально-экологических проблем нашего времени. В процессе становления города формируется новая антропогенная среда со специфическими чертами техногенного влияния. Нарастающее техногенное воздействие на урбосистемы со стороны промышленных комплексов, а также ТЭЦ и автотранспорта приводит к сильному загрязнению почв вредными веществами, снижению способности к самовосстановлению почв и деградации растительности. Из-за роста городов, увеличения количества автотранспорта, расширения производственных площадей вероятность заготовки лекарственного растительного сырья в данных местах снижается, в связи с чем остро возникает необходимость проведения контроля его качества и экологической чистоты.

Почва является важнейшим объектом окружающей среды. В отличие от других объектов окружающей среды (воздух, вода), где протекают процессы самоочищения, почва обладает этим свойством в незначительной мере. Более того, для некоторых веществ, в частности для тяжёлых металлов, почва является кумулятором. Тяжёлые металлы прочно сорбируются и взаимодействуют с почвенным гумусом, образуя труднорастворимые соединения. Таким образом, идёт их накопление в почве. Наряду с этим в почве под воздействием различных факторов происходит постоянная миграция попадающих в неё веществ и перенос их на большие расстояния [1]. Тяжёлые металлы, попадающие в почву с выбросами предприятий, прочно связываются уже в верхнем слое.

Загрязнение атмосферы, почвы и воды в ландшафтах вызывает тревогу не только потому, что оно может заметно снизить продуктивность растений, нарушить естественно сложившиеся фитоценозы, привести к нарушению нормальных

процессов органогенеза, но и потому, что оно неизбежно ухудшает гигиеническое качество среды обитания человека, включая экологическую безопасность выращиваемой в агроценозах продукции. Дело усугубляется тем, что высшие растения без каких-либо признаков отравления и патологических изменений могут содержать опасные для животных и человека концентрации химических элементов. Поэтому знание природных концентраций элементов в растениях даёт возможность судить о состоянии чистоты или загрязнённости региона.

Ещё в большей степени это касается лекарственных растений. Вместо ожидаемого терапевтического эффекта можно нанести человеческому организму непоправимый вред при использовании экологически загрязнённого лекарственного сырья, потому что лекарственные растения используются как сырьё для фармацевтической промышленности и в аптечной практике для приготовления лекарственных препаратов. Кроме того, лекарственные растения используются населением в качестве целебных чаёв, настоек, отваров, в сборах, а наружно – для приготовления втираний, мазей и косметических средств.

Цель исследования – определить содержание микроэлементов-биофилов (Na, Zn, Cu, Fe, Mg), тяжёлых металлов (Hg) в дикорастущих лекарственных растениях: щирице запрокинутой (обыкновенной) – *Amaranthus retroflexus* L., райграсе пастбищном – *Lolium perenne* L. и горце птичьем – *Polygonum aviculare* L. (рис. 1–3).

Объекты и методы. Объект исследования – надземная часть (трава) видов: *Amaranthus retroflexus*, *Lolium perenne*, *Polygonum aviculare*, собранная в зоне повышенного движения транспорта г. Оренбурга в трёх метрах от дороги (г. Оренбург, ул. Туркестанская, 2 июля 2012 г.).

В формировании элементного химического состава растений участвуют два ведущих фактора – генетический и экологический. В зависимости от обстоятельств их соотношение меняется. Если геохимическая обстановка со-

ответствует требованиям растений, то в элементном химическом составе главным образом отражается влияние генетического фактора. При этом осуществляется генотипическая программа поглощения химических элементов, выдержива-



Рис. 1 – Щирица запрокинутая (обыкновенная) – *Amaranthus retroflexus*



Рис. 2 – Райграс пастбищный – *Lolium perenne*



Рис. 3 – Горец птичий – *Polygonum aviculare*

ется качественный и количественный регламент насыщения тканей ионами. Экологический же фактор мешает этому, особенно в тех случаях, когда среда обитания обогащена соединениями этих элементов.

Особо важную роль при изучении химической изменчивости растений играет состав почвы [2]. Основными факторами, определяющими содержание микроэлементов в растениях, являются:

- содержание элемента в почве;
- относительное количество биодоступной формы элемента в почве;
- вид растения, фаза развития и распределение элемента по органам;
- эволюция растений в данных геохимических условиях и адаптация к ним.

Поэтому для экологического мониторинга тяжёлых металлов в условиях городской среды обитания нами было определено их количественное содержание в надземных органах растений и почве г. Оренбурга.

Определение содержания химических элементов в растениях производили атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре AAS-30 (Германия).

В пробах определяли содержание шести элементов: цинка, меди, железа, магния, натрия, ртути (таб.).

Результаты исследований. Каждый из химических элементов, поглощаемых растениями, выполняет в физиологических процессах определённые функции. Однако если для биогенных элементов размах приемлемых концентраций в среде обитания растений очень широк, то для микро- и ультрамикроэлементов, относящихся преимущественно к группе ТМ, оптимальный или безвредный интервал концентрации узок.

Результаты исследований свидетельствуют о специфических особенностях обмена у трёх исследуемых видов растений, что приводит к различному уровню содержания биофильных элементов в тканях их надземных органов:

1. Кумуляция элементов:
 - щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus*) – Fe;
 - райграс пастбищный (*Lolium perenne* L.) – Mg, Hg;
 - горец птичий (*Polygonum aviculare*) – Zn, Cu, Mg.
2. Наличие у растения слабого барьера:
 - щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus*) – Zn, Cu, Mg, Na, Hg;
 - райграс пастбищный (*Lolium perenne* L.) – Zn, Cu, Fe, Na;
 - горец птичий (*Polygonum aviculare*) – Fe, Na, Hg.

Отмеченные закономерности, по нашему мнению, объясняются биохимической ролью металлов в растениях и способами их поглощения

Численные показатели содержания элементов в надземной массе растений и почве

г. Оренбург, ул. Туркестанская, 3 м от дороги	Zn	Cu	Fe	Mg	Na	Hg
Щирица запрокинутая	4,15±0,09**	0,13±0,001**	8,64±0,09*	1,05±0,02**	0,43±0,001**	0**
Райграс пастбищный	4,11±0,06**	0,17±0,001**	6,01±0,07**	2,30±0,03*	0,73±0,001**	0,0002*
Горец птичий	6,27±0,09*	0,27±0,001*	5,40±0,07**	2,05±0,04*	0,80±0,001**	0*
Почва	Zn	Cu	Fe	Mg	Na	Hg
3 м от дороги	5,64±0,09	0,19±0,002	6,54±0,09	1,61±0,02	1,61±0,001	0,00019
контроль (за городом)	3,51±0,06	0,17±0,001	6,11±0,07	2,60±0,06***	1,23±0,005	0

Примечания: * – выраженная кумуляция элементов; ** – наличие у растения слабого биологического барьера; *** – концентрация элемента в контрольной зоне выше, чем в урбанизированной среде

и переноса. Так, например, цинк является эссенциальным элементом для всех живых организмов и входит в состав активных центров целого ряда ферментов [3, 4]. Цинк принимает участие в белковом, углеводном и фосфорном обмене, биосинтезе витаминов и ауксинов. Недостаток цинка приводит к повышению чувствительности клеток к окислительному стрессу [5]. Поэтому обеспеченность растений цинком определяет их устойчивость к засухе, гипер- и гипотермии.

В исследуемых видах растений отмечена биоконцентрация меди, что объясняется биогенностью данного элемента. Медь входит в состав активного центра полифенолоксидаз – ключевых ферментов в биогенезе фенольных соединений, пигментов, некоторых витаминов, ауксинов, белков, сапонинов и алкалоидов [6]. Дегидратаза бутирил-КоА (фермент β-окисления жирных кислот) и аскорбатоксидаза также содержат в активных центрах ионы меди, а белки – пластоцианины, кумулирующие медь, принимают участие в процессе фотосинтеза в растениях [4].

Биогенная роль ионов железа для растений и животных организмов изучена достаточно хорошо. Так, известно, что железо входит в состав цитохромов цепей переноса электронов, цитохрома P450 и ферментов пероксидаз.

Выявлен физиологический барьер для ионов натрия, что характерно для одновалентных металлов в условиях засоления (соли натрия – компонент антиобледенительных смесей, применяемых в Оренбурге).

Не выявлено физиологического барьера для магния, так как известно, что данный элемент входит в состав активных центров ферментов многих классов, в частности ферментов фосфорилирования.

Вывод. 1. Видоспецифичность представленных растений по отношению к тяжёлым металлам заключается в том, что растения способны

концентрировать необходимое для нормальной жизнедеятельности количество элементов. По этой причине в тех областях, где концентрация биофильных элементов в почве низкая, растения выступают как концентраторы, накапливая параллельно и тяжёлые металлы.

2. Элементный химический состав растений города Оренбурга можно рассматривать как отражение биогеохимической ситуации экологически загрязнённого (урбанизированного) района с некоторыми нарушенными естественными биогеохимическими циклами элементов.

3. Однако для многих рассматриваемых элементов в городской среде наблюдается кумуляция их в растениях (Mg, Fe, Zn, Cu, Hg), что может неблагоприятно отразиться на качестве препаратов, получаемых из данных растений.

4. В исследованных дикорастущих растениях г. Оренбурга кумуляция ртути наблюдается только для райграса пастбищного, не превышающая нормативов ПДК.

Литература

1. Боев В.М., Утенина В.В., Быстрых В.В. и др. Дисбаланс микроэлементов как фактор экологически обусловленных заболеваний // Гигиена и санитария. 2001. № 5. С. 68.
2. Зайцева В.Н., Гусев Н.Ф., Немерешина О.Н. К вопросу содержания микроэлементов в надземных органах *Fragaria viridis* (Duch.) Weston. оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2010. №1 (28). С. 240–241.
3. Гусев Н.Ф., Немерешина О.Н. К вопросу о содержании микроэлементов в сырье перспективных видов лекарственных растений Южного Предуралья // Вестник Оренбургского государственного университета. 2006. № 12 (62). С. 167–169.
4. Немерешина О.Н., Гусев Н.Ф., Чукова Н.В. и др. Особенности накопления эссенциальных и токсических элементов в надземной части *Linaria vulgaris* L. на шламовом поле криолитового производства // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. № 131. С. 222–224.
5. Немерешина О.Н., Шайхутдинова А.А. Оценка содержания тяжёлых металлов в тканях *Polygonum aviculare* L. на техногенно загрязнённых территориях // Экология и промышленность России. 2012. № 9. С. 46–49.
6. Немерешина О.Н., Гусев Н.Ф., Петрова Г.В. и др. Некоторые аспекты адаптации *Polygonum aviculare* L. к загрязнению почвы тяжёлыми металлами // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. №1 (33). С. 230–234.